

Laserstrahlenschutz – kurz und bündig

Im Vergleich zu thermischem Licht besitzt Laserstrahlung eine geringe Strahldivergenz und eine geringe spektrale Bandbreite. Deshalb führt ein kurzer (z.B. 0,25 s), direkter Blick in einen Laserstrahl mit einer Leistung von beispielsweise 1 W zu schwersten Augenverletzungen, während Glühlampenlicht gleicher Leistung ungefährlich ist. Beim Betrieb von Lasern müssen daher – je nach Laserklasse (1, 1M, 2, 2M, 3R, 3B oder 4) – besondere Vorsichtsmaßnahmen und Regeln beachtet werden.

PROF. DR. AXEL DONGES/ISNY IM ALLGÄU

Jeder, der mit Lasern arbeitet, muss sich der Gefahren bewusst sein, die von einem Laser ausgehen. Allgemein wird im Laserstrahlenschutz zwischen laserspezifischen und laserunspezifischen Gefahren unterschieden. Beispiele für laserunspezifische Gefahren, die nicht weiter diskutiert werden sollen, sind

- Gefahr durch elektrischen Strom
- Brandgefahr
- Gefahr durch im- oder explodierende Laserröhren
- Gefährdung durch (erhitzte) Kühlmittel
- Gefährdung durch freigesetzte Gase (z.B. Ozon, das u.U. durch Wechselwirkung mit dem Laserstrahl in der Umgebungsluft entstehen kann),

um nur einige zu nennen. Die laserspezifische Gefährdung beruht auf der Absorption von direkter oder reflektierter Laserstrahlung durch menschliches Gewebe. Die Gefährdung wird also durch dieselben Mechanismen bewirkt, die in der Laser-Chirurgie zum Schneiden ausgenutzt werden. Das durch Laserstrahlung am stärksten gefährdete Organ ist das Auge. Es kann bereits bei vergleichsweise geringen Strahlleistungen bzw. Pulsenergien dauerhaft geschädigt werden. Dem Auge, als unserem wichtigsten Sinnesorgan, wird daher im Laserstrahlenschutz besondere Beachtung geschenkt.

Warum ist Laserstrahlung für das Auge so gefährlich?

Warum ist Laserstrahlung, im Vergleich zu thermischem Licht, das von einer Glühlampe ausgesendet wird, so gefährlich? Es lassen sich dafür zwei Gründe anführen:

- Glühlampenlicht breitet sich mehr oder weniger isotrop im Raum aus. Dadurch nimmt die Energieflussdichte der Strahlung umgekehrt proportional zum Quadrat des Abstandes von der Lichtquelle ab. Je größer der Abstand zwischen Glühlampe und Auge ist, desto geringer ist die Energieflussdichte am Ort des Auges und desto weniger Strahlungsleistung dringt folglich durch die Pupille ins Auge ein. Dieser aus Sicht des Strahlenschutzes positiv zu bewertende „Verdünnungseffekt“ ist im Fall der Laserstrahlung nicht oder nur schwach vorhanden. Laserstrahlung hat meist eine so geringe Strahldivergenz, dass der gesamte La-

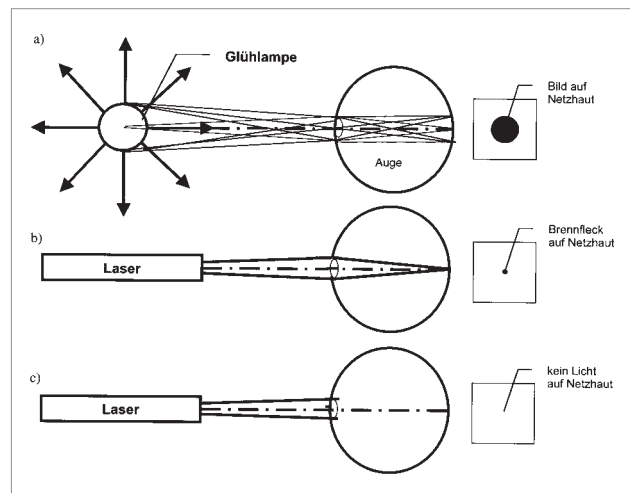


Abb. 1: Schematische Darstellung der Lichtausbreitung. a) sichtbares Glühlampenlicht b) sichtbarer Laserstrahl (z.B. He-Ne-Laser; $\lambda = 633 \text{ nm}$) c) infraroter Laserstrahl (z.B. CO_2 -Laser; $\lambda = 10,6 \mu\text{m}$).

serstrahl durch die Pupille ins Auge eindringen und dort Schäden verursachen kann.

- Das Auge ist von der Hornhaut bis zur Netzhaut im Wellenlängenbereich zwischen 400 bis 1.200 nm bis zu 90 % transparent. Oberhalb von etwa 1.400 nm gelangt praktisch kein Licht mehr bis zur Netzhaut. Licht im Wellenlängenbereich von 400 bis 1.400 nm, das von der Glühlampe ausgeht und durch die Pupille ins Auge eindringt, gelangt teilweise bis zur Netzhaut und erzeugt dort nach den Gesetzen der geometrischen Optik ein reelles, verkleinertes Bild der Glühlampe auf der Netzhaut. Ähnliches passiert, wenn ein monochromatischer Laserstrahl ins Auge trifft. Jedoch entsteht im letzteren Fall kein geometrisch-optisches Bild, sondern ein um viele Größenordnungen kleinerer, beugungsbedingter Brennfleck, dessen minimaler Durchmesser etwa zehn Mikrometer beträgt (Abb. 1).¹

Fazit: Laserlicht ist im Allgemeinen deshalb so gefährlich, weil ein Laserstrahl nahezu „unverdünnt“ das Auge erreicht. Im Wellenlängenbereich zwischen 400 bis 1.400 nm kommt noch verschärfend hinzu, dass die auf die Netzhaut fokussierte Energieflussdichte einige 100.000-mal größer sein kann als die Energieflussdichte des Laserstrahls selbst. Verbrennungen der Netzhaut und